

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Dezember 2001 (13.12.2001)

PCT

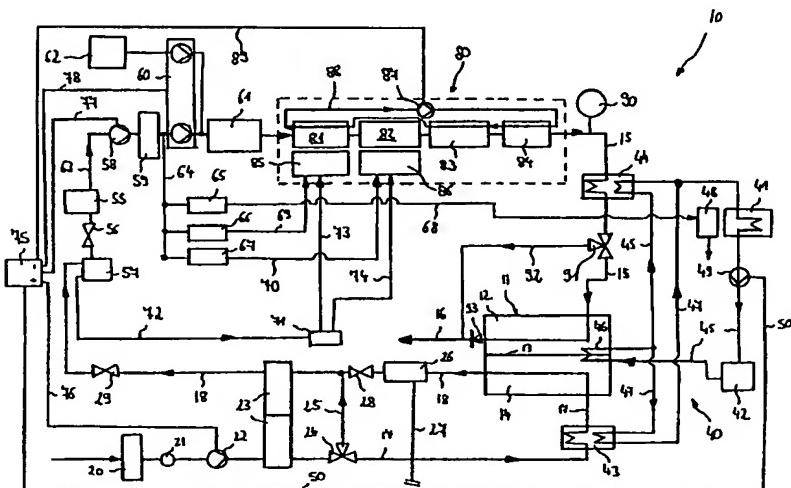
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/95415 A3

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01M 8/06**
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE01/02111**
- (22) Internationales Anmeldedatum:
5. Juni 2001 (05.06.2001)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:
100 28 331.4 5. Juni 2000 (05.06.2000) DE
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HERDEG, Wolfgang [DE/DE]; Schulstr. 21, 72141 Walddorfhäslach (DE). KLOS, Holger [DE/DE]; Dollmannstr. 15, 81541 München (DE). SATTLER, Martin [DE/DE]; Elsaweg 10, 97486 Königsberg (DE). REICHENBACH, Franz [DE/DE]; Giessener Str. 25, 61118 Bad Vilbel (DE). HESS, Sabine [DE/DE]; Geyerstr. 16, 80469 München (DE). WILHELM, Hans-Dieter [DE/DE]; Hattsteinerweg 6, 61267 Neu-Anspach (DE). HABRICH, Jürgen [DE/DE]; Genossenschaftsstr. 20, 63512 Hainburg (DE). ECK, Karl [DE/DE]; Lenaustr. 36, 60318 Frankfurt (DE). KEUTZ, Markus [DE/DE]; An der Goldkante 1, 64380 Rossdorf (DE). ZAPP, Thomas [DE/DE]; Sauerländerstr. 17, 44265 Dortmund (DE).**
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **VODAFONE AG [DE/DE]; Mannesmannufer 2, 40213 Düsseldorf (DE).**
- (74) Anwalt: **MEISSNER, Peter E.; Meissner & Meissner, Hohenzollerndamm 89, 14199 Berlin (DE).**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM AND METHOD FOR STARTING UP A FUEL CELL SYSTEM

(54) Bezeichnung: BRENNSTOFFZELLENSYSTEM UND VERFAHREN ZUM HOCHFAHREN EINES BRENNSTOFFZELLENSYSTEMS



THIS PAGE BLANK (USPTO)



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 100 28 331 A 1(5) Int. Cl.⁷:

H 01 M 8/04

H 01 M 8/02

DE 100 28 331 A 1

(21) Aktenzeichen: 100 28 331.4
(22) Anmeldetag: 5. 6. 2000
(23) Offenlegungstag: 4. 4. 2002

(71) Anmelder:
ATECS Mannesmann AG, 40213 Düsseldorf, DE

 (74) Vertreter:
P.E. Meissner und Kollegen, 14199 Berlin

(72) Erfinder:
Herdeg, Wolfgang, Dr.rer.nat., 72141
Walldorfhäslich, DE; Klos, Holger, Dr., 81541
München, DE; Sattler, Martin, Dipl.-Ing., 97486
Königsberg, DE; Reichenbach, Franz, Dipl.-Ing.,
61118 Bad Vilbel, DE; Heß, Sabine, 80469 München,
DE; Wilhelm, Hans-Dieter, Dipl.-Ing., 61267
Neu-Anspach, DE; Habrich, Jürgen, Dipl.-Ing.,
63512 Hainburg, DE; Eck, Karl, Dipl.-Ing., 60318
Frankfurt, DE; Keutz, Markus, Dipl.-Ing., 64380
Roßdorf, DE; Zapp, Thomas, Dr.-Ing., 44265
Dortmund, DE

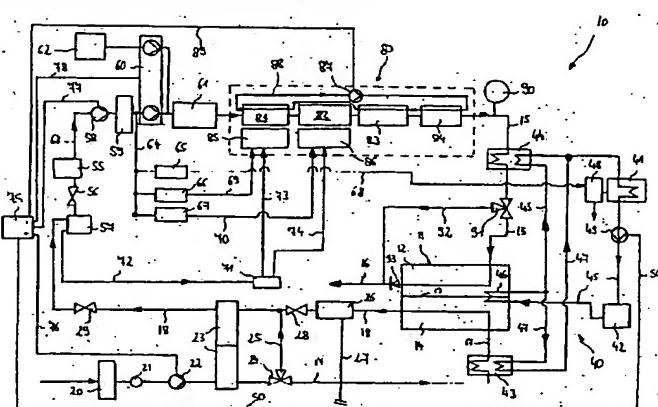
(56) Entgegenhaltungen:
DE 199 48 217 A1
DE 195 23 109 A1
DE 691 26 321 T2
US 54 62 815 A
JP 03-1 29 674 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Hochfahren eines Brennstoffzellensystems

(55) Es wird ein Brennstoffzellensystem (10) und ein Verfahren zum Hochfahren eines solchen Brennstoffzellensystems (10) beschrieben. Das Brennstoffzellensystem (10) weist eine Brennstoffzelle (11) auf, die einen Anodenteil (12) mit einer Zuleitung (15) und einer Ableitung (16) für einen Brennstoff, einen Kathodenteil (14) mit einer Zuleitung (17) und einer Ableitung (18) für ein Oxidationsmittel und eine Membran (13) aufweist. Weiterhin ist eine Vorrichtung (80) zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs vorgesehen, die über die Brennstoffzuleitung (15) mit der Brennstoffzelle (11) verbunden ist, wobei in der Brennstoffzuleitung (15) ein Sensorelement (90) zur Konzentrationsbestimmung und ein Ventil (91), das mit einer die Brennstoffzelle (11) umgehenden Bypassleitung (92) verbunden ist, vorgesehen sind. In der Oxidationsmittelzuleitung (17) ist eine Fördereinrichtung (22) und ein Ventil (24) angeordnet, wobei das Ventil (24) mit einer die Brennstoffzelle (11) umgehenden Bypassleitung (25) verbunden ist. Ein Kraftstofftank (55) ist über eine Kraftstoffzuleitung (63) mit der Vorrichtung (80) zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs verbunden, wobei in der Kraftstoffzuleitung (63) wenigstens eine Fördereinrichtung (58, 60) vorgesehen ist. Die Fördereinrichtungen (22, 58, 60) sind mit einer Batterie (75) elektrisch verbunden, so daß diese während der Startphase des Brennstoffzellensystems (10) über die Batterie (75) angetrieben werden.



DE 100 28 331 A 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem sowie ein Verfahren zum Hochfahren eines solchen Brennstoffzellensystems.

[0002] Brennstoffzellen sind bereits seit langem bekannt und haben insbesondere im Bereich der Automobilindustrie in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen.

[0003] In einer Brennstoffzelle wird durch eine chemische Reaktion Strom erzeugt. Dabei wird ein Brennstoff und ein Oxidationsmittel in elektrische Energie und Wasser als Reaktionsprodukte umgewandelt. Eine Brennstoffzelle besteht im wesentlichen aus einem Anodenteil, einer Membran und einem Kathodenteil. Die Membran besteht aus porösem, elektrisch leitfähigem Material und ist zwischen der Anode und der Kathode angeordnet, um Ionen auszutauschen. Auf der Seite der Anode wird der Brennstoff zugeführt, während auf der Seite der Kathode das Oxidationsmittel zugeführt wird. An der Anode werden durch katalytische Reaktionen Protonen beziehungsweise Wasserstoffionen erzeugt, die sich durch die Membran zur Kathode bewegen. An der Kathode reagieren die Wasserstoffionen mit dem Sauerstoff, und es bildet sich Wasser. Die bei der Reaktion abgegebenen Elektronen lassen sich als elektrischer Strom durch einen Verbraucher leiten, beispielsweise den Elektromotor eines Automobils.

[0004] Als gasförmige Reaktionspartner für die Brennstoffzelle werden beispielsweise Wasserstoff als Brennstoff und Sauerstoff oder Luft als Oxidationsmittel verwendet. Will man die Brennstoffzelle mit einem leicht verfügbaren oder zu speichernden Brennstoff wie Erdgas, Methanol oder dergleichen betreiben, muß man den Kohlenwasserstoff zunächst in ein wasserstoffreiches Gas umwandeln.

[0005] Insbesondere, wenn derartige Brennstoffzellen in Fahrzeugen verwendet werden, besteht der Wunsch, daß diese möglichst schnell einsatzfähig sind, d. h., daß alle Komponenten möglichst schnell auf Betriebstemperatur gebracht werden und ihre volle Leistungsfähigkeit erlangen.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Brennstoffzellensystem bereitzustellen, das nach dem Start möglichst schnell und dennoch auf zuverlässige Weise einsatzfähig ist. Dabei soll die Anfahrphase beziehungsweise Startphase möglichst kurz gehalten werden. Weiterhin soll ein Verfahren zum Hochfahren einer solchen Brennstoffzelle bereitgestellt werden.

[0007] Die Aufgabe wird gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung durch ein Brennstoffzellensystem gelöst, mit einer Brennstoffzelle, die einen Anodenteil mit einer Zuleitung und einer Ableitung für einen Brennstoff, einen Kathodenteil mit einer Zuleitung und einer Ableitung für ein Oxidationsmittel und eine Membran aufweist, mit einer Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs, die über die Brennstoffzuleitung mit der Brennstoffzelle verbunden ist, wobei in der Brennstoffzuleitung ein Sensorelement zur Konzentrationsbestimmung und ein Ventil, das mit einer die Brennstoffzelle umgehenden Bypassleitung verbunden ist, vorgesehen sind, mit einer Fördereinrichtung und einem Ventil, die in der Oxidationsmittelzuleitung angeordnet sind, wobei das Ventil mit einer die Brennstoffzelle umgehenden Bypassleitung verbunden ist, einem Kraftstofftank, der über eine Kraftstoffzuleitung mit der Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs verbunden ist, wobei in der Kraftstoffzuleitung wenigstens eine Fördereinrichtung vorgesehen ist, und mit einer zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle, insbesondere einer Batterie, die mit den Fördereinrichtungen elektrisch verbunden ist, so daß diese während der Startphase des Brennstoffzellensystems über die Leistungsquelle angetrieben werden oder antreib-

bar sind.

[0008] Mit einem derart ausgebildeten erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem wird es möglich, bei dessen Start die einzelnen Elemente und Komponenten schnell einsatzfähig zu machen, so daß die Startphase beziehungsweise Anfahrphase des Brennstoffzellensystems sehr kurz gehalten werden kann.

[0009] Ein Grundgedanke der vorliegenden Erfindung liegt darin, daß diejenigen Komponenten des Brennstoffzellensystems, die zum Hochfahren des Brennstoffzellensystems unbedingt notwendig sind, während der Startphase zunächst über eine zusätzliche elektrische Leistungsquelle angetrieben werden. Als zusätzliche elektrische Leistungsquelle kann beispielsweise eine Batterie, insbesondere eine wiederaufladbare Batterie, auch ein Kondensator verwendet werden. Besonders empfehlenswert ist der Einsatz von Kondensatoren mit übergroßer Speicherdichte im Vergleich zu herkömmlichen Kondensatoren, die auch als "Ultracaps" bezeichnet werden und eine extrem hohe Zyklenanzahl (Bet-/Entladen) ertragen können. Über die zusätzliche elektrische Leistungsquelle kann die von den einzelnen Komponenten während der Startphase des Brennstoffzellensystems benötigte Energie sofort bereitgestellt werden. Dabei soll die Leistungsanforderung an die elektrische Leistungsquelle hier so klein wie möglich sein. Im Normalbetrieb des Brennstoffzellensystems werden die einzelnen elektrischen Verbraucher des Brennstoffzellensystems dann über die Brennstoffzelle selbst versorgt, wobei die zusätzliche elektrische Leistungsquelle über die Brennstoffzelle wieder aufgeladen wird. Die Energieversorgung für die thermischen Verbraucher wird über den Brennstoffeinsatz realisiert.

[0010] Während der Startphase des Brennstoffzellensystems sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen, die möglichst gleichzeitig oder in kurzen Zeitabständen hintereinander ablaufen müssen. Einige dieser Aspekte werden beispielhaft im weiteren Verlauf der Beschreibung näher erläutert.

[0011] Wenn die Brennstoffzelle beispielsweise mit Wasserstoff als Brennstoff betrieben werden soll, muß der Wasserstoff zunächst beispielsweise aus einem flüssigen oder gasförmigen aus Kohlenwasserstoffen bestehenden Kraftstoff wie etwa Methanol, Methan, Benzin, Erdgas, Kohlegas, Biogas oder dergleichen hergestellt beziehungsweise aufbereitet werden. Diese Herstellung beziehungsweise Aufbereitung des Brennstoffs erfolgt in der Vorrichtung zur Erzeugung/Aufbereitung des Brennstoffs. Dazu wird der Kraftstoff aus dem Kraftstofftank über eine Kraftstoffzuleitung in diese Vorrichtung eingespeist. Zur Unterstützung der Einspeisung ist in der Kraftstoffzuleitung wenigstens eine Fördereinrichtung vorgesehen. Diese Fördereinrichtung beziehungsweise diese Fördereinrichtungen, die bei Verwendung von flüssigem Kraftstoff als Pumpe oder dergleichen ausgebildet sein können, fördern den Kraftstoff üblicherweise zunächst in einen Zwischentank, aus dem dann die Vorrichtung zur Erzeugung/Aufbereitung des Brennstoffs versorgt wird. Während des Hochfahrens des Brennstoffzellensystems ist es daher erforderlich, daß die wenigstens eine Fördereinrichtung, beispielsweise eine Kraftstoff-Injektionspumpe, über die zusätzliche elektrische Leistungsquelle angetrieben wird. Vorteilhaft ist die Fördereinrichtung derart ausgebildet, daß nur eine kleine elektrische Leistung benötigt wird.

[0012] In vorteilhafter Ausgestaltung kann der Zwischentank höher liegen als verschiedene Heizeinrichtungen der Brennstoffzulegungs- und Aufbereitungsanlage, die im weiteren Verlauf der Beschreibung noch näher erläutert werden und beispielsweise als Brenner oder dergleichen ausgebildet sind. Diese Heizeinrichtungen dienen zur Zuführung

von Wärmeenergie zu verschiedenen thermischen Verbrauchern. In einem solchen Fall kann der Kraftstoff mittels des hydrostatischen Drucks transportiert werden. Dann kann eine gesonderte Fördereinrichtung hierfür entfallen und es wird nur ein entsprechendes Ventil zur Steuerung des Zuflusses benötigt. Bei einer solchen Ausgestaltung könnten die Heizeinrichtungen elektrisch gezündet und das System thermisch hochgefahren werden.

[0013] Das die Vorrichtung zur Erzeugung/Aufbereitung des Brennstoffs verlassende Brennstoffgas wird über die Brennstoffzuleitung in die Brennstoffzelle geleitet. Wenn die Brennstoffzelle mit Wasserstoff betrieben wird und dieser aus einem der vorstehend bereits erwähnten Kraftstoffe als wasserstoffreiches Gas erzeugt wird, wird während des Umwandlungsprozesses im wesentlichen Wasserstoff und Kohlendioxid erzeugt. Weiterhin entstehen aber auch für die Brennstoffzelle schädliche Substanzen wie beispielsweise Kohlenmonoxid oder dergleichen, die vor Eintritt des Brennstoffs in die Brennstoffzelle entfernt werden müssen. Solche schädlichen Substanzen führen ab einer bestimmten Konzentration dazu, daß sich die von der Brennstoffzelle abgegebene Leistung verringert und der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle stark reduziert wird.

[0014] Durch das Sensorelement zur Konzentrationsbestimmung schädlicher Substanzen im Brennstoff sowie die die Brennstoffzelle umgehende Bypassleitung, die über das Ventil mit der Brennstoffzuleitung verbunden ist, kann verhindert werden, daß schädliche Substanzen ungewollt in die Brennstoffzelle eintreten können. Grundsätzlich ist die Erfahrung nicht auf den Nachweis von bestimmten Substanzen beschränkt.

[0015] Nach dem Austritt des Brennstoffs aus der Vorrichtung zur Erzeugung/Aufbereitung des Brennstoffs durchströmt dieser das Sensorelement zur Konzentrationsbestimmung, durch das die jeweilige Konzentration an schädlichen Substanzen im Brennstoff nachgewiesen und gemessen werden kann. Wenn die im Brennstoff befindliche Konzentration einer schädlichen Substanz einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, wird der Gasstrom des Brennstoffs über eine entsprechende Stellung des Ventils nicht in die Brennstoffzelle hinein, sondern über die Bypassleitung an dieser vorbeigeleitet. Das hat zur Folge, daß die Brennstoffzelle durch die im Gasstrom befindlichen Substanzen nicht vergiftet werden kann. Solange vom Sensorelement eine den Grenzwert überschreitende Konzentration der schädlichen Substanzen gemessen wird, wird der Gasstrom an der Brennstoffzelle vorbeigeführt. Erst in dem Moment, in dem die Konzentration an schädlichen Stoffen einen zulässigen Grenzwert unterschreitet, wird der Gasstrom in die Brennstoffzelle hineingeleitet, so daß dann die benötigte elektrische Leistung von der Brennstoffzelle geliefert werden kann.

[0016] Ein weiterer Aspekt, der beim Startvorgang des Brennstoffzellensystems berücksichtigt werden muß, ist die Zufuhr des Oxidationsmittels. Das Oxidationsmittel, beispielsweise Sauerstoff oder Luft, wird der Brennstoffzelle über die Oxidationsmittelzuleitung zugeführt. Dazu ist in der Oxidationsmittelzuleitung eine geeignete Fördereinrichtung vorgesehen. Diese Fördereinrichtung kann beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, als Pumpe, Verdichter oder Gebläse, und hier insbesondere als geregeltes Gebläse, ausgebildet sein.

[0017] Über die Fördereinrichtung wird das Oxidationsmittel in die Oxidationsmittelzuleitung eingesaugt. Um eine Beschädigung der Brennstoffzelle zu verhindern, ist es erforderlich, daß das Oxidationsmittel bei seinem Eintritt in die Brennstoffzelle angefeuchtet ist. Während des Betriebs der Brennstoffzelle kann diese Befeuchtung des Oxidations-

mittels beispielsweise über in der Brennstoffzelle entstehendes Wasser vorgenommen werden. Während der Startphase der Brennstoffzelle steht solches Wasser jedoch noch nicht zur Verfügung. Der in die Brennstoffzelle eintretende Oxidationsmittelstrom würde während der Startphase der Brennstoffzelle somit trocken in diese eintreten, was kurzzeitig zu einem Austrocknen der Brennstoffzelle führen würde.

[0018] Zur Vermeidung einer solchen Austrocknung der Brennstoffzelle ist das in der Oxidationsmittelzuleitung angeordnete Ventil vorgesehen, das mit einer die Brennstoffzelle umgehenden Bypassleitung verbunden ist. Während der Startphase des Brennstoffzellensystems wird das Ventil derart geschaltet, daß der Oxidationsmittelgasstrom nicht in die Brennstoffzelle hinein-, sondern an dieser vorbeigeleitet wird. Der an der Brennstoffzelle vorbeigeleitete Oxidationsmittelgassstrom kann dann im Brennstoffzellensystem weitere Funktionen übernehmen, wie im weiteren Verlauf der Beschreibung noch näher erläutert wird. Es ist daher erforderlich, daß auch die in der Oxidationsmittelzuleitung befindliche Fördereinrichtung bereits während der Startphase des Brennstoffzellensystems über die zusätzliche elektrische Leistungsquelle angetrieben wird. Im Normalbetrieb des Brennstoffzellensystems kann die Fördereinrichtung dann über die von der Brennstoffzelle selbst erzeugte Leistung angetrieben werden.

[0019] Die Fördereinrichtung in der Oxidationsmittelzuleitung, beispielsweise ein Verdichter, sollte derart gesteuert sein, daß sie so spät wie möglich anfängt, Leistung zu fordern.

[0020] Durch das erfindungsgemäß ausgebildete Brennstoffzellensystem wird erreicht, daß die für den Hochfahrvorgang des Brennstoffzellensystems unbedingt erforderlichen Komponenten unverzüglich betätigt werden können, so daß die Startphase, das heißt die Phase, bis die Brennstoffzelle den für den Betrieb eines Verbrauchers erforderlichen elektrischen Strom liefern kann, sehr kurz gehalten werden kann, ohne daß es zu einer Beschädigung der Brennstoffzelle oder einzelner Komponenten des Brennstoffzellensystems kommen kann.

[0021] Vorteilhafte Ausführungsformen des Brennstoffzellensystems ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0022] Vorteilhaft können in der Kraftstoffzuleitung zwei Fördereinrichtungen vorgesehen sein. Eine dieser Fördereinrichtungen kann beispielsweise als Kraftstoffpumpe ausgebildet sein. Über diese Kraftstoffpumpe wird der Kraftstoff aus dem Kraftstofftank herausgepumpt und in die Vorrichtung zur Erzeugung/Aufbereitung des Brennstoffs hingeleitet. Die weiterhin vorgesehene Fördereinrichtung kann als Doppelpumpe ausgebildet, d. h. auf die gleichzeitige Förderung zweier Medien eingerichtet sein. Derartige Doppelpumpen haben beispielsweise die Aufgabe, den aus dem Kraftstofftank herausgepumpten reinen Kraftstoff vor Eintritt in die Vorrichtung zur Erzeugung/Aufbereitung des Brennstoffs mit einem weiteren Medium, beispielsweise Wasser oder dergleichen, zu vermischen. Dieses in der Doppelpumpe erzeugte Kraftstoffgemisch wird dann entweder zunächst in einem Zwischentank zwischengespeichert, oder aber direkt in die Vorrichtung zur Erzeugung/Aufbereitung des Brennstoffs eingespeist. Da die Zufuhr von Kraftstoff beziehungsweise des Kraftstoffgemisches bereits in der Startphase des Brennstoffzellensystems erforderlich ist, werden vorzugsweise beide Fördereinrichtungen während der Startphase des Brennstoffzellensystems über die zusätzliche elektrische Leistungsquelle angetrieben.

[0023] In anderer Ausgestaltung, kann vorgesehen sein, daß der Zwischentank immer gefüllt ist und das Kraftstoffgemisch aus dem Zwischentank gefördert wird. Dies kann

beispielsweise ohne oder mit einer entsprechenden Fördereinrichtung, die mit der elektrischen Leistungsquelle verbunden sein kann, erfolgen.

[0024] Vorzugsweise können die Ventile für die Bypassleitungen als Drei-Wege-Ventile ausgebildet sein. Derartige Ventile gestatten eine einfache und genaue Steuerung der Gasströme. Drei-Wege-Ventile sind in der Regel schnell ansteuerbar, so daß sie ohne Verzögerung geöffnet beziehungsweise geschlossen werden können. Auf diese Weise können, wenn in dem Sensorelement zur Konzentrationsbestimmung ein den zulässigen Grenzwert an schädlichen Substanzen überschreitender Wert gemessen wird, diese Informationen beispielsweise über einen entsprechenden Rechner, eine Kontroll- und Steuereinrichtung oder dergleichen schnell umgesetzt werden, so daß eine Vergiftung der Brennstoffzelle durch schädliche Substanzen oder deren Austrocknung verhindert wird. Die zum Betätigen der Ventile erforderlichen Antriebe können während der Startphase des Brennstoffzellensystems ebenfalls über die zusätzliche elektrische Leistungsquelle angetrieben werden.

[0025] In weiterer Ausgestaltung kann die Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereitung des Brennstoffs eine Anzahl von Reaktorelementen aufweisen, wobei einzelne Reaktorelemente als Wärmesenken ausgebildet sind, die jeweils mit einer Heizeinrichtung thermisch verbunden sind. Die Heizeinrichtung ist ihrerseits zur Energieversorgung vorzugsweise mit der Kraftstoffzuleitung oder der elektrischen Leistungsquelle verbunden, um das thermische Hochfahren des Systems zu ermöglichen.

[0026] Die einzelnen Reaktorelemente der Anordnung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs sind über entsprechende Leitungen miteinander verbunden, so daß der Brennstoff während seiner Erzeugung beziehungsweise Aufbereitung die einzelnen Reaktorelemente durchströmen kann.

[0027] In einigen der Reaktorelemente finden dabei exotherme Reaktionen statt, das heißt es wird Wärme frei. Diese Reaktorelemente werden im folgenden Wärmequellen genannt. In anderen Reaktorelementen wird hingegen Wärme benötigt. Diese Reaktorelemente werden im folgenden als Wärmesenken bezeichnet. Ein als Wärmesenke fungierendes Reaktorelement kann beispielsweise als Verdampfer ausgebildet sein. Ein solcher Verdampfer ist etwa erforderlich, wenn Wasserstoff aus Methanol, Erdgas oder dergleichen reformiert werden soll. Bei einer anderen Wärmesenke handelt es sich um einen Reformer, der dem Verdampfer nachgeschaltet ist, und in dem der als Ausgangsstoff dienende Kraftstoff mit Wasserdampf zu Wasserstoff reformiert wird.

[0028] Die als Wärmequelle fungierenden Reaktorelemente können beispielsweise als selektive Oxidation ausgebildet sein. Dieses Reaktorelement ist erforderlich, wenn der Wasserstoff durch das Verfahren der partiellen Oxidation aufbereitet wird. Hierbei wird das Gas durch eine homogene Wassergasreaktion zunächst in einem Shift-Reaktor gereinigt und in der nachfolgenden Stufe – der selektiven Oxidation – feingereinigt.

[0029] Die als Wärmesenken ausgebildeten Reaktorelemente sind mit einer Heizeinrichtung verbunden, über die sie auf ihre erforderliche Betriebstemperatur gebracht werden können. Dabei können die Heizeinrichtungen beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, als Brenner, insbesondere als katalytische Brenner, oder als elektrische Heizelemente ausgebildet sein.

[0030] Wenn die Heizeinrichtung als elektrisches Heizelement ausgebildet ist, kann die benötigte elektrische Energie während der Startphase des Brennstoffzellensystems durch die zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle zur Verfügung

gestellt werden. Die elektrische Heizeinrichtung kann beispielsweise als Heizdraht, Heizspule oder dergleichen ausgebildet sein.

[0031] Wenn die Heizeinrichtung als Brenner, insbesondere als katalytischer Brenner, ausgebildet ist, ist sie zur Energieversorgung zweckmäßig mit der Kraftstoffzuleitung verbunden. Die Heizeinrichtung kann somit während der Startphase des Brennstoffzellensystems solange wie notwendig mit Kraftstoff versorgt werden. Dabei kann der Kraftstoff mittels der Fördereinrichtung in der Kraftstoffleitung aus dem Kraftstofftank angesaugt und den als Brenner ausgebildeten Heizeinrichtungen in der Brennstoffherstellung zur Verfügung gestellt werden. Dabei können zwischen der Fördereinrichtung und den Heizeinrichtungen optional geeignete Dosiereinrichtungen vorgesehen sein.

[0032] In anderer Ausgestaltung ist es beispielsweise möglich, die Heizeinrichtungen tiefer als den Kraftstofftank anzurordnen, so daß der Transport des Kraftstoffs über den hydrostatischen Druck erfolgt, und eine besondere Fördereinrichtung entfallen kann. Die Heizeinrichtungen werden vorzugsweise elektrisch gezündet.

[0033] Weiterhin kann eine Bypassleitung zur zeitweiligen Umgehung der Fördereinrichtung vorgesehen sein. Während des Normalbetriebs kann dann der Kraftstoff bei entsprechender Anordnung der Elemente nach dem hydrostatischen Prinzip allein aufgrund des hydrostatischen Drucks transportiert werden. Bei erhöhtem Kraftstoffbedarf kann aber durch Stellung entsprechender Ventile der Kraftstoff über die Fördereinrichtung geleitet beziehungsweise gepumpt werden.

[0034] Vorteilhaft kann zur Temperierung der Reaktorelemente eine elektrisch betriebene Fördereinrichtung vorgesehen sein, die in einem die Reaktorelemente durchlaufenden Strömungskreislauf für ein Heiz/Kühlmedium angeordnet und zur Stromversorgung mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle verbunden ist. Damit kann auch diese Fördereinrichtung während der Startphase des Brennstoffzellensystems über die elektrische Leistungsquelle angetrieben werden. Durch den Strömungskreislauf des Heiz/Kühlmediums, der beispielsweise als geschlossener Strömungskreislauf ausgebildet ist, wird erreicht, daß ein Wärmetransport zwischen den einzelnen Reaktorelementen entsteht. Damit kann die in den als Wärmequelle fungierenden Reaktorelementen freiwerdende Wärme genutzt werden, um die als Wärmesenke ausgebildeten Reaktorelemente zusätzlich zu beheizen. Dadurch geht die von den als Wärmequelle fungierenden Reaktorelementen erzeugte Wärmeenergie nicht verloren.

[0035] Vorteilhaft kann die Fördereinrichtung je nach Verwendung eines den Strömungskreislauf durchströmenden Heiz-/Kühlmediums als Pumpe oder Gebläse ausgebildet sein. Ein besonders vorteilhaftes Heiz-/Kühlmedium ist beispielsweise ein Öl, und hier insbesondere ein hochwärmeständiges Öl. Über die Fördereinrichtung lassen sich die Strömungsgeschwindigkeit und der Durchsatz des Heiz-/Kühlmediums im Strömungskreislauf gezielt beeinflussen und somit der Wärmeaustausch regeln.

[0036] In weiterer Ausgestaltung kann das Sensorelement zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid in einem Gasstrom, insbesondere im Brennstoffstrom, ausgebildet sein. Wie weiter oben bereits ausführlich beschrieben wurde, handelt es sich bei Kohlenmonoxid um ein für die Brennstoffzelle sehr schädliches Gas, welches bei der Reformierung von Wasserstoff aus Kohlenwasserstoffen entstehen kann. Über ein entsprechend ausgebildetes Sensorelement kann die Anwesenheit von Kohlenmonoxid im Brennstoff frühzeitig erkannt werden, so daß geeignete Maßnahmen ergriffen werden können wie beispielsweise

das Umschalten des Ventils und das damit verbundene Vorbeileiten des Gasstroms über die Bypassleitung an der Brennstoffzelle vorbei.

[0037] Vorteilhaft kann das Sensorelement zur Konzentrationsbestimmung als Infrarot-Spektrometer ausgebildet sein. Bei der Infrarot-Spektrometrie werden Molekülschwingungen und -rotationen durch Absorption von Strahlung im infraroten Bereich des elektromagnetischen Spektrums gemessen. In anderer Ausgestaltung kann das Sensorelement zur Konzentrationsbestimmung als Sensorelement zur Messung der kernmagnetischen Resonanz eines Stoffs ausgebildet sein. Die Erfindung ist jedoch nicht auf die beiden genannten Beispiele beschränkt, so daß auch andere Ausgestaltungen des Sensorelements zur Konzentrationsbestimmung möglich sind.

[0038] Vorteilhaft kann die Oxidationsmittelableitung mit einem Filter, insbesondere einem Aktivkohlefilter, verbunden sein, der seincrscts eine Verbindungsleitung zum Kraftstofftank aufweist. Wie nachfolgend näher erläutert wird, kann auf diese Weise das während der Startphase des Brennstoffzellensystems an der Brennstoffzelle vorbeigeleitete Oxidationsmittel, beispielsweise ein Luftstrom, genutzt werden, um den Filter, der verschiedene Funktionen erfüllt, zu reinigen und zu regenerieren.

[0039] Beim Betanken eines Kraftstofftanks mit Kraftstoff, der zum Betrieb der Brennstoffzelle in den Brennstoff umgewandelt werden soll, sowie auch bei der Entlüftung des Kraftstofftanks werden in der Regel Kohlenwasserstoffe freigesetzt. Da Kohlenwasserstoffe für die Umwelt schädlich sind und auch im Brennstoffzellensystem zu Beschädigungen führen können, müssen sie auf geeignete Weise gebunden werden. Dies geschieht in der Regel über das Filterelement, beispielsweise den Aktivkohlefilter. Dieses Filterelement muß aber von Zeit zu Zeit regeneriert werden, um die Funktionsfähigkeit sicherzustellen. Wird eine rechtzeitige Regenerierung unterlassen, können die Kohlenwasserstoffe ungehindert durch das Filterelement an die Atmosphäre gelangen.

[0040] Zur Regenerierung des Filterelements wird der Oxidationsmittelgasstrom in dieses eingeleitet beziehungsweise durch dieses hindurchgeleitet. Während der Startphase des Brennstoffzellensystems wird hierzu der Oxidationsmittelstrom verwendet, der über die Bypassleitung an der Brennstoffzelle vorbeigeleitet wird. Während des Normalbetriebs der Brennstoffzelle wird hierzu der Oxidationsmittelgasstrom verwendet, der über die entsprechende Ableitung aus der Brennstoffzelle abgeleitet wird. Die eigentliche Regenerierung des Filterelements erfolgt dadurch, daß der Oxidationsmittelgasstrom die im Filterelement befindlichen Kohlenwasserstoffmoleküle mitreißt.

[0041] Vorteilhaft kann der Filter weiterhin mit der oder den Heizeinrichtungen in der Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs verbunden sein. Auf diese Weise kann der Oxidationsmittelstrom, nachdem er den Filter durchströmt und die Kohlenwasserstoffe desorbiert und mitgerissen hat, bei der Herstellung des Brennstoffs weiterverwendet werden. Mit dem beim Regerieren des Filters aufgenommenen Kraftstoff, beziehungsweise den aufgenommenen Kohlenwasserstoffen, werden die Heizeinrichtungen, die insbesondere als Brenner ausgebildet sind, versorgt, wodurch unter anderem der Gasaufbereitungsprozeß innerhalb der Vorrichtung zur Erzeugung/Aufbereitung des Brennstoffs im Hochfahrbetrieb des Brennstoffzellensystems auf die entsprechende Betriebstemperatur gebracht wird.

[0042] In weiterer Ausgestaltung kann eine Anordnung zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle über ein Heiz/Kühlmedium vorgesehen sein, die eine Heizeinrichtung auf-

weist, die mit der Kraftstoffzuleitung oder der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle verbunden ist. Durch eine solche Anordnung kann die Brennstoffzelle während der Startphase auf einfache Weise schnell auf den idealen Temperaturbereich erwärmt werden. Üblicherweise entsteht in der Brennstoffzelle während des Betriebs Verlustwärme, wodurch sich diese aufheizt. Nach Erreichen der Betriebstemperatur muß die in einer Brennstoffzelle entstehende überschüssige Verlustwärme abgeführt werden. Die Aufheiz-

phase der Brennstoffzelle bis zum Erreichen der idealen Betriebstemperatur benötigt jedoch einen gewissen Zeitraum, was insbesondere für einen schnelleren Start der Brennstoffzelle von Nachteil ist. Durch die in der Anordnung vorgesehene Heizeinrichtung kann die Brennstoffzelle während der Startphase vorgeheizt und somit beschleunigt auf die ideale Betriebstemperatur gebracht werden. Damit ist die Brennstoffzelle bereits nach kürzester Zeit volleinsatzbereit.

[0043] Wenn die Heizeinrichtung als Brennner, insbesondere als katalytischer Brenner, ausgebildet ist, sollte sie zu ihrer Energieversorgung zweckmäßigerweise mit der Kraftstoffzuleitung verbunden sein. Auf diese Weise kann die Heizeinrichtung über die Fördereinrichtung mit Kraftstoff versorgt werden. Wenn die Heizeinrichtung als elektrische Heizeinrichtung ausgebildet ist, ist diese vorzugsweise mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle verbunden.

[0044] Vorzugsweise kann in der Anordnung zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle eine Fördereinrichtung für das Heiz/Kühlmedium vorgesehen sein, die mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle verbunden ist.

[0045] In vorteilhafter Ausgestaltung weist die Anordnung zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle eine Strömungsleitung für das Heiz-/Kühlmedium auf, die derart mit der Brennstoffzelle verbunden ist, daß ein indirekter thermischer Austausch zwischen der Brennstoffzelle und dem Heiz-/Kühlmedium in der Strömungsleitung stattfindet beziehungsweise stattfinden kann. Dazu kann die Brennstoffzelle beispielsweise zumindest bereichsweise von der Strömungsleitung durchsetzt sein. Wenn die Strömungsleitung von dem Heiz-/Kühlmedium durchströmt wird, erfolgt ein Wärmeaustausch zwischen dem Heiz-/Kühlmedium und der Brennstoffzelle.

[0046] Während der Startphase des Brennstoffzellensystems wird das in der Strömungsleitung befindliche Heiz-/Kühlmedium über die Heizeinrichtung erwärmt. Das erhitzte Heiz-/Kühlmedium gelangt in die Brennstoffzelle, wo es die gespeicherte Wärme an die Brennstoffzelle abgibt und diese erwärmt. Während des Normalbetriebs der Brennstoffzelle wird die in dieser entstehende Verlustwärme über das Heiz-/Kühlmedium abtransportiert.

[0047] Je nach Art des verwendeten Heiz-/Kühlmediums, ob flüssig oder gasförmig, kann die Fördereinrichtung als Pumpe, Gebläse oder dergleichen ausgebildet sein.

[0048] Da auch eine möglichst schnelle Erwärmung der Brennstoffzelle auf die ideale Betriebstemperatur für den schnellen Start des Brennstoffzellensystems von Vorteil ist, ist die Fördereinrichtung vorzugsweise mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle verbunden, so daß auch diese beim Start des Brennstoffzellensystems unverzüglich betrieben werden kann.

[0049] Gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Hochfahren eines wie vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems bereitgestellt, das erfindungsgemäß durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:

a) Während der Startphase Ansaugen von Oxidationsmittel über die durch die zusätzliche elektrische Leistungsquelle betriebene Fördereinrichtung in die Oxi-

dationsmittelzuleitung und Vorbeileiten des Oxidationsmittels durch entsprechende Stellung des Ventils über die Bypassleitung an der Brennstoffzelle vorbei, b) Einleiten von Kraftstoff aus einem Kraftstofftank über die durch die zusätzliche elektrische Leistungsquelle betriebene wenigstens eine Fördereinrichtung in der Kraftstoffzuleitung oder über eine Bypassleitung in die Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten von Brennstoff, Messen der Schadstoffkonzentrationen des diese Vorrichtung verlassenden Brennstoffs mittels des Sensors zur Konzentrationsbestimmung und Vorbeileiten des Brennstoffs durch entsprechende Stellung des Ventils über die Bypassleitung an der Brennstoffzelle vorbei, solange der Brennstoff für die Brennstoffzelle schädliche Schadstoffkonzentrationen aufweist, wobei der Betrieb der einzelnen Fördereinrichtungen während des Startphase der Brennstoffzellensystems über die zusätzliche elektrische Leistungsquelle und im Normalbetrieb des Brennstoffzellensystems über die Brennstoffzelle selbst erfolgt.

[0050] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird es auf einfache Weise möglich, das Brennstoffzellensystem zu starten, ohne daß es zu Beschädigungen der Brennstoffzelle beziehungsweise einzelner Komponenten des Brennstoffzellensystems kommen kann, und wobei die Startphase des Brennstoffzellensystems sehr kurz gehalten wird. Zu den Vorteilen, Effekten, Wirkungen und der Funktionsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf die vorstehenden Ausführungen zum erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem vollinhaltlich Bezug genommen und hiermit verwiesen. Bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0051] Vorteilhaft kann in der Startphase des Brennstoffzellensystems über die durch die zusätzliche elektrische Leistungsquelle betriebene wenigstens eine Fördereinrichtung in der Kraftstoffzuleitung oder über die Bypassleitung Kraftstoff in die Heizeinrichtung beziehungsweise Heizeinrichtungen für die Reaktorelemente in der Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs eingeleitet werden, oder die Heizeinrichtung beziehungsweise Heizeinrichtungen können über die zusätzliche elektrische Leistungsquelle betrieben werden, um den Reaktorelementen die für den Betrieb der Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs erforderliche Wärmeenergie zuzuführen.

[0052] In weiterer Ausgestaltung kann in der Startphase des Brennstoffzellensystems eine in der Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs vorgesehene Fördereinrichtung für ein Heiz/Kühlmedium zur Temperierung der Reaktorelemente über die elektrische Leistungsquelle angetrieben werden.

[0053] Vorzugsweise kann in der Startphase des Brennstoffzellensystems das an der Brennstoffzelle vorbeigeleitete Oxidationsmittel in den mit dem Kraftstofftank verbundenen Filter, insbesondere den Aktivkohlefilter, eingeleitet werden, um diesen zu spülen und um das auf diese Weise mit Kraftstoff angereicherte Oxidationsmittel anschließend in die Heizeinrichtung beziehungsweise Heizeinrichtungen der Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs einzuspeisen und dort zur Verbrennung zu nutzen, um dadurch die Reaktorelemente auf Temperatur zu bringen.

[0054] In weiterer Ausgestaltung kann in der Startphase des Brennstoffzellensystems über die durch die zusätzliche elektrische Leistungsquelle betriebene wenigstens eine Fördereinrichtung in der Kraftstoffzuleitung Kraftstoff in die in der Anordnung zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle vorgesehene Heizeinrichtung eingeleitet werden, oder aber die Heizeinrichtung wird über die zusätzliche elektrische

Leistungsquelle betrieben, um die Brennstoffzelle auf die erforderliche Betriebstemperatur zu bringen.

[0055] Vorzugsweise kann ein wie vorstehend beschriebenes Brennstoffzellensystem oder ein wie vorstehend beschriebenes Verfahren zum Anfahren eines Brennstoffzellensystems in einem oder für ein Fahrzeug, insbesondere ein Fahrzeug mit elektrischem Fahrantrieb, verwendet werden. Auf Grund der rasanten Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie im Fahrzeugsektor bietet eine solche Verwendung zur Zeit besonders gute Einsatzmöglichkeiten. Dennoch sind auch andere Einsatzmöglichkeiten denkbar. Zunennen sind hier unter anderem Brennstoffzellen für mobile Geräte wie Computer oder dergleichen bis hin zu Kraftwerksanlagen. Hier eignet sich die Brennstoffzellentechnik besonders für die dezentrale Energieversorgung von Häusern, Industrieanlagen oder dergleichen.

[0056] In bevorzugter Weise wird die vorliegende Erfindung in Verbindung mit Brennstoffzellen mit Polymermembranen (PEM) verwendet. Diese Brennstoffzellen haben einen hohen elektrischen Wirkungsgrad, verursachen nur minimale Emissionen, weisen ein optimales Teillastverhalten auf und sind im wesentlichen frei von mechanischem Verschleiß.

[0057] Die Erfindung wird nun auf exemplarische Weise an Hand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. Es zeigt die einzige Figur in schematischer Ansicht ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem.

[0058] In der Figur ist ein Brennstoffzellensystem 10 dargestellt, das zum Betreiben eines elektrischen Antriebs für ein Fahrzeug verwendet wird.

[0059] Das Brennstoffzellensystem 10 weist eine Brennstoffzelle 11 mit einem Anodenteil 12, einem Kathodenteil 14 und einer Membran 13 auf. Der Anodenteil 12 ist mit einer Zuleitung 15 und einer Ableitung 16 für einen Brennstoff, im vorliegenden Fall Wasserstoff, verbunden. Der Kathodenteil 14 ist mit einer Zuleitung 17 und einer Ableitung 18 für ein Oxidationsmittel, im vorliegenden Fall Sauerstoff oder Luft, verbunden.

[0060] In der Zuleitung 17 für das Oxidationsmittel ist ein Filter 20, ein Oxidationsmittelmassensensor 21, eine als gezieltes Gebläse ausgebildete Fördereinrichtung 22, ein Restfeuchteübertrager 23, ein Drei-Wege-Ventil 24 sowie eine zu einer Anordnung 40 zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle 11 gehörende Wärmesenke 43, die die Funktion eines Wärmetauschers übernimmt, vorgesehen. Das Gebläse 22 ist über eine elektrische Verbindung 76 mit einer als aufladbare Batterie ausgebildeten, zusätzliche zur Brennstoffzelle 11 vorgesehenen elektrischen Leistungsquelle 75 verbunden.

[0061] In der Ableitung 18 für das Oxidationsmittel ist ein Wasserabscheider 26 vorgesehen, der mit einer Leitung 27 zum Ableiten von Wasser verbunden ist. Weiterhin ist in der Ableitung 18 ein Druckregler 28 sowie ein Teil des Restfeuchteübertragers 23 vorgesehen.

[0062] Das in der Zuleitung 17 vorgesehene Drei-Wege-Ventil 24 ist über eine Bypassleitung 25 mit der Oxidationsmittelableitung 18 verbunden.

[0063] In der Oxidationsmittelableitung 18 ist schließlich noch ein Rückschlagventil 29 vorgesehen. Die Oxidationsmittelableitung 18 mündet in ein Filterelement 57 ein, im vorliegenden Fall ein Aktivkohlefilter.

[0064] Während des Betriebs des Brennstoffzellensystems 10 wird die als Oxidationsmittel benutzte Umgebungsluft über den Partikelfilter 20 durch das geringelte Gebläse 22 angesaugt. Die eintretende Luftmasse wird vor dem Gebläse 22 mit dem Luftmassensensor 21 bestimmt. Nach Passieren des Restfeuchteübertragers 23 durchströmt die

Luftmasse das Drei-Wege-Ventil 24.

[0065] Während der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 wird in der Brennstoffzelle 11 noch kein Wasser produziert, so daß der in die Brennstoffzelle 11 eintretende Oxidationsmittelstrom sehr trocken ist. Ein solcher trockener Oxidationsmittelstrom würde zu einem Austrocknen der Brennstoffzelle 11 führen. Aus diesem Grund wird in der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 das Drei-Wege-Ventil 24 derart geschaltet, daß der Oxidationsmittelstrom über die Bypassleitung 25 an der Brennstoffzelle 11 vorbei direkt in die Oxidationsmittelableitung 18 eingeleitet wird. Auf diese Weise kann der trockene Oxidationsmittelstrom nicht in die Brennstoffzelle 11 eintreten. Der Oxidationsmittelstrom wird über die Oxidationsmittelableitung 18 in das Filterelement 57 hineingeleitet, um dieses zu spülen und zu regenerieren, wie im weiteren Verlauf der Beschreibung noch näher erläutert wird.

[0066] Da die Brennstoffzelle 11 während der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 noch keine ausreichende Leistung produziert, werden das Gebläse 22 sowie eventuelle Steuereinrichtungen (nicht dargestellt) des Ventils 24 über die Batterie 75 angetrieben. Während des Normalbetriebs der Brennstoffzelle 11 werden das Gebläse 22 und die entsprechenden Steuereinrichtungen des Ventils 24 über die Brennstoffzelle 11 mit elektrischem Strom versorgt, wobei die Batterie 75 gleichzeitig wieder aufgeladen wird. In dieser Phase wird das Gebläse 22 nur mit kleiner Leistung im sogenannten Stromsparmodus betrieben.

[0067] Während des Normalbetriebs der Brennstoffzelle 11 wird neben Wärme unter anderem auch Wasser produziert, das in Form von Wasserdampf im Abgasstrom des Kathodenteils 14 über die Ableitung 18 abgeleitet wird. Um dieses gasförmige Wasser in den flüssigen Zustand überführen zu können, so daß es für andere Prozesse, in denen Wasser benötigt wird (zum Beispiel die Anfeuchtung des Oxidationsmittels), verfügbar ist, durchströmt das den Wasserdampf enthaltende Oxidationsmittel nach dem Austritt aus der Brennstoffzelle 11 zunächst den Wasserabscheider 26, in dem bereits ein Teil des Wasserdampfs in flüssiges Wasser auskondensiert. Das auf diese Weise auskondensierte Wasser wird über die Leitung 27 abgeleitet.

[0068] Nach dem Austritt aus dem Wasserabscheider 26 wird der verbleibende Abgasstrom des Oxidationsmittels in dem Druckregler 28 entspannt. Dadurch sinkt der Feuchtigkeitsgehalt im Abgasstrom. Die restliche Feuchte wird dem Gasstrom anschließend durch den Restfeuchteübertrager 23 entzogen. Die dem Oxidationsmittel im Restfeuchteübertrager 23 entzogene Feuchte wird verwendet, um das der Brennstoffzelle 11 über die Oxidationsmittelzuleitung 17 zugeführte Oxidationsmittel, das ursprünglich trocken ist, in geeigneter Weise anzufeuchten. Um das Oxidationsmittel vor Eintritt in die Brennstoffzelle auf eine geeignete Temperatur zu bringen, ist der Wärmetauscher 43 vorgesehen, der im weiteren Verlauf der Beschreibung noch näher erläutert wird.

[0069] Zur Erzeugung beziehungsweise Aufbereitung des Brennstoffs ist weiterhin eine Vorrichtung 80 zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs vorgesehen. Die Vorrichtung 80 weist eine Anzahl von Reaktorelementen auf, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Verdampfer 81, Reformer 82, Shift-Reaktor 83 und partielle Oxidation 84 ausgebildet sind. Diese Reaktorelemente sind auf der Eintrittsseite der Vorrichtung 80 mit einer Kraftstoffzuleitung 63 und auf deren Austrittsseite mit der Brennstoffzuleitung 15 verbunden.

[0070] Zwei der Reaktorelemente, nämlich der Verdampfer 81 und der Reformer 82, sind als sogenannte Wärmesensenken ausgebildet, das heißt, in diesen wird zum Betrieb

Wärme benötigt. Aus diesem Grund sind der Verdampfer 81 und der Reformer 82 mit als katalytische Brenner ausgebildeten Heizeinrichtungen 85, 86 gekoppelt. Über die Heizeinrichtungen 85, 86 wird den Reaktorelementen während

5 des Betriebs der Vorrichtung 80 die erforderliche Wärme zugeführt. Zur Temperierung der einzelnen Reaktorelemente ist weiterhin ein Strömungskreislauf 88 vorgesehen, in dem sich eine als Pumpe ausgebildete Fördereinrichtung 87 befindet. Das den Strömungskreislauf 88 durchströmende 10 Heiz-/Kühlmittel nimmt die in den als Wärmequellen ausgebildeten Reaktorelementen frei gewordene Wärme auf und transportiert diese zu den als Wärmesenke ausgebildeten Reaktorelementen, wo die Wärme anschließend übertragen wird. Die Fördereinrichtung 87 regelt die Strömungsgeschwindigkeit und damit die Durchflußrate des Heiz-/Kühlmediums. Die Fördereinrichtung 87 ist über eine elektrische Verbindung 89 mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle 75 verbunden.

[0071] Sollte der Wärmegewinn aus der partiellen Oxidation 83 zu gering sein, um praktisch nutzbar zu sein, kann auf den Betrieb der Fördereinrichtung 87 während der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 besser verzichtet werden, da der Betrieb der Fördereinrichtung 87 ebenfalls Energie verbraucht.

[0072] Weiterhin weist das Brennstoffzellensystem 10 einen Kraftstofftank 55 zur Aufnahme eines aus Kohlenwasserstoffen bestehenden Treibstoffs wie Methanol, Erdgas, Benzin oder dergleichen auf, aus dem in der Vorrichtung 80 zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs Wasserstoff hergestellt wird. Der Kraftstofftank 55 ist über ein Tankschutzventil 56 mit dem als Aktivkohlefilter ausgebildeten Filterelement 57 verbunden. Weiterhin ist der Kraftstofftank 55 über die Kraftstoffleitung 63 mit der Vorrichtung 80 zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs verbunden. Zusätzlich

35 sind in der Kraftstoffleitung 63 zwei Fördereinrichtungen vorgesehen, die als Kraftstoffpumpe 58 und als Doppelpumpe 60 ausgebildet sind. Die Doppelpumpe 60 ist saugseitig nicht nur mit dem Kraftstofftank 55, sondern auch mit einem Wassertank 62 verbunden. Die Kraftstoffpumpe 58 und die Doppelpumpe 60 sind über entsprechende elektrische Verbindungen 77, 78 mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle 75 verbunden. Zwischen der Kraftstoffpumpe 58 und der Doppelpumpe 60 befindet sich zusätzlich ein Kraftstofffilter 59. Schließlich ist der Doppelpumpe 60 in der Kraftstoffleitung 63 ein Zwischentank 61 nachgeschaltet.

[0073] Es ist möglich, auf die Kraftstoffpumpe 58 zu verzichten, wenn deren Arbeit von der Doppelpumpe 60 übernommen wird.

[0074] Die als Brenner ausgebildeten Heizeinrichtungen 85, 86 der Vorrichtung 80 zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs sind über eine entsprechende Leitung 64 mit der Kraftstoffzuleitung 63 verbunden. Dabei liegt der Anschluß der Leitung 64 an die Kraftstoffleitung 63 in Strömungsrichtung nach der Kraftstoffpumpe 58. Die einzelnen Heizeinrichtungen 85, 86 sind über entsprechende Zweigleitungen 69, 70 mit der Leitung 64 verbunden. Zur Zuführung einer genau definierten Kraftstoffmenge in die Heizeinrichtungen 85, 86 sind in den Zweigleitungen 69, 70 entsprechende Dosierer 66, 67 vorgesehen.

[0075] Das Filterelement 57 ist über eine Zuleitung 72 mit einem Teiler 71 verbunden. Aus dem Teiler 71 gehen zwei Leitungen 73, 74 ab, die jeweils mit den Heizeinrichtungen 85, 86 verbunden sind, so daß das Filterelement 57 mit den Heizeinrichtungen 85, 86 in Verbindung steht.

[0076] In der Zuleitung 15 für den Brennstoff, die sich an der Austrittsseite der Vorrichtung 80 zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs an diese anschließt, ist ein Sensorele-

ment 90 zur Bestimmung der Schadstoffkonzentration, im vorliegenden Fall ein Sensorelement zur Bestimmung der Konzentration an Kohlenmonoxid im Brennstoff, vorgesehen. Weiterhin ist in der Zuleitung 15 ein Drei-Wege-Ventil 91 angeordnet, das mit einer die Brennstoffzelle 11 umgehenden Bypassleitung 92 verbunden ist. Schließlich ist in der Zuleitung 15 noch eine Wärmesenke 44 vorgesehen, die in Form eines Wärmetauschers ausgebildet ist. Die Wärmenenke 44 ist Bestandteil der Anordnung 40 zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle 11.

[0077] Wenn das Brennstoffzellensystem 10 gestartet wird, muß der Wasserstoff möglichst schnell in der Vorrichtung 80 erzeugt beziehungsweise aufbereitet werden. Dazu wird der Kraftstoff über die Kraftstoffpumpe 58 aus dem Kraftstofftank 55 herausgepumpt und durch den Kraftstofffilter 59 in die Doppelpumpe 60 hineingepumpt. In der Doppelpumpe 60 wird der Kraftstoff mit aus dem Wassertank 62 entnommenem Wasser gemischt. Dieses Gemisch wird anschließend in dem Zwischentank 61 zwischengespeichert, bevor es in die Vorrichtung 80 zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs eingeleitet wird. Um diese Funktionen bereits während der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 zuverlässig ausführen zu können, sind die Kraftstoffpumpe 58 und die Doppelpumpe 60 mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle 75 verbunden. Auf diese Weise können sie bereits zuverlässig betrieben werden, bevor die Brennstoffzelle 11 ihre Betriebsfähigkeit erreicht hat und elektrischen Strom liefern kann. Das in die Vorrichtung 80 eintretende Kraftstoffgemisch wird in dieser zur Erzeugung von Wasserstoff reformiert. Die dazu benötigten Komponenten wie beispielsweise die Fördereinrichtung 87 oder die Heizeinrichtungen 85, 86, sofern diese als elektrische Heizeinrichtungen ausgebildet sind, werden während der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 ebenfalls über die zusätzliche elektrische Leistungsquelle 75 betrieben. Im Normalbetrieb des Brennstoffzellensystems erfolgt der Betrieb über die Brennstoffzelle 11.

[0078] Wenn die Heizeinrichtungen 85, 86 wie in dem in der Figur dargestellten Fall als Brenner ausgebildet sind, werden sie zum einen über den aus dem Kraftstofftank 55 entnommenen Kraftstoff betrieben. Dazu wird ein Teilstrom des Kraftstoffs über die Kraftstoffpumpe 58 in die Zweigleitung 64 und über diese in die Leitungen 69, 70 gepumpt. In den Dosierern 66, 67 wird die für die Heizeinrichtungen 85, 86 erforderliche Kraftstoffmenge eingestellt und diese anschließend in die Heizeinrichtungen 85, 86 eingespeist. Die auf diese Weise angetriebenen Heizeinrichtungen 85, 86 können nunmehr die als Wärmenenke fungierenden Reaktorelemente 81, 82 mit der zum Betrieb erforderlichen Wärme versorgen.

[0079] Zusätzlich werden die Heizeinrichtungen 85, 86 noch über das Filterelement 57 versorgt. Das während der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 an der Brennstoffzelle 11 vorbeigeleitete Oxidationsmittel wird über die Oxidationsmittelableitung 18 in das Filterelement 57 hinein- und durch dieses hindurchgeleitet. Dadurch werden die im Filterelement 57 befindlichen Kohlenwasserstoffe vom Oxidationsmittel mitgerissen. Das auf diese Weise mit Kraftstoff angereicherte Oxidationsmittel wird über die Zuleitung 72 an den Teiler 71 weitergeleitet, wo es auf die beiden Leitungen 73, 74 aufgeteilt und über diese anschließend den Heizeinrichtungen 85, 86 zur Verbrennung zur Verfügung gestellt wird. So kann das Filterelement 57 zum einen regeneriert werden, zum anderen kann der im Filterelement 57 befindliche Kraftstoff zum Betrieb der Heizeinrichtungen 85, 86 verwertet werden.

[0080] Über die Kraftstoffpumpe 58 sowie das Gebläse 22, die beide über die zusätzliche elektrische Leistungs-

quelle 75 angetrieben werden, ist es bereits in der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 möglich, die erforderlichen Heizeinrichtungen zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs mit Energie zu versorgen. Auf diese Weise kann die 5 Startphase des Brennstoffzellensystems 10 erheblich verkürzt werden.

[0081] Insbesondere während der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 kann es passieren, daß der die Vorrichtung 80 verlassende Brennstoff eine Konzentration an bestimmt Substanzen aufweist, die für die Brennstoffzelle 11 schädlich sind. Eine solche Substanz ist beispielsweise Kohlenmonoxid. Um ein Eintreten von Kohlenmonoxid insbesondere während der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 in die Brennstoffzelle 11 zu verhindern, wird der 10 aus der Vorrichtung 80 austretende und durch die Zuleitung 15 hindurchströmende Brennstoff mit Hilfe des Sensorelements 90 untersucht. Sofern das Sensorelement 90 eine Konzentration an Kohlenmonoxid mißt, die einen zuvor festgelegten Grenzwert überschreitet, wird das Drei-Wege-Ventil 91 derart geschaltet, daß der Brennstoff nicht über die Zuleitung 15 in die Brennstoffzelle 11 eintritt, sondern über die Bypassleitung 92 an dieser vorbeigeleitet wird. Dazu ist die Bypassleitung 92 vorteilhaft mit der Brennstoffableitung 16 aus dem Anoden Teil 12 verbunden. Der auf diese Weise 15 an der Brennstoffzelle 11 vorbeigeleitete Brennstoff kann entweder aus dem Brennstoffzellensystem 10 abgeleitet oder weiter verwertet werden. Zur weiteren Verwertung des Brennstoffs kann dieser beispielsweise über entsprechende Leitungen, Teiler oder dergleichen in die Heizeinrichtungen 20 85, 86 eingespeist und dort zur Erzeugung von Wärme verwendet werden. Es ist auch denkbar, den Brennstoff erneut in die Vorrichtung 80 zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs einzuleiten und diesen einem erneuten Reformierprozeß zu unterwerfen.

[0082] Um zu vermeiden, daß Kohlenmonoxid über die Brennstoffableitung 16 in den Anodenraum 12 der Brennstoffzelle 11 eindringen kann, ist in der Brennstoffableitung 16 am Ausgang der Brennstoffzelle 11 ein entsprechendes Ventil, insbesondere ein Rückschlagventil 93, vorgesehen.

[0083] Sobald die Konzentration an Kohlenmonoxid im Brennstoffstrom einen bestimmten Grenzwert unterschritten hat, wird das Ventil 91 derart umgeschaltet, daß der Brennstoff nunmehr über die Zuleitung 15 in die Brennstoffzelle 11 eintreten kann. Sofern das Ventil 91 durch elektrische Betätigungsseinrichtungen, wie sie beispielsweise im Hinblick auf das Drei-Wege-Ventil 24 beschrieben worden sind, betrieben wird, können diese Steuereinrichtungen mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle 75 verbunden sein, um einen Betrieb bereits zu Beginn der Startphase des 25 Brennstoffzellensystems 10 zu ermöglichen.

[0084] Das Brennstoffzellensystem 10 verfügt weiterhin über eine Anordnung 40 zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle 11. Die Anordnung 40 weist eine als geschlossenen Heiz-/Kühlkreislauf ausgebildete Strömungsleitung 45 auf, die vorzugsweise von einem flüssigen Heiz-/Kühlmedium, beispielsweise Wasser, Öl oder dergleichen durchströmt wird. Zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle 11 ist ein Teil der Strömungsleitung 46 derart mit der Brennstoffzelle 11 verbunden, daß ein thermischer Austausch zwischen der Brennstoffzelle 11 und dem Heiz-/Kühlmedium in der Strömungsleitung 45, 46 stattfindet oder stattfinden kann. Dazu ist die Brennstoffzelle 11 von dem Teilbereich 46 der Strömungsleitung 45 durchsetzt. In diesem Teilbereich 46 ist die Strömungsleitung 45 vorzugsweise als Rohrschlangen ausgebildet.

[0085] In der Strömungsleitung 45 ist weiterhin eine als Pumpe ausgebildete Fördereinrichtung 49 vorgesehen, über die die Strömungsgeschwindigkeit des Heiz-/Kühlmediums

eingestellt und reguliert wird.

[0086] Weiterhin ist eine Kühleinrichtung 42 vorgesehen, mit der die während des Betriebs der Brennstoffzelle 11 in dieser entstehende Verlustwärme abgeführt werden kann.

[0087] In der Strömungsleitung 45 ist ein Heizelement 41 vorgesehen, das mit einer Heizeinrichtung 48 verbunden ist. Weiterhin zweigt von der Strömungsleitung 45 hinter der Brennstoffzelle 11 eine zusätzliche Strömungsleitung 47 ab, die hinter der Wärmesenke 44 wieder in die Strömungsleitung 45 mündet und in der die als Wärmetauscher ausgebildete Wärmesenke 43 angeordnet ist, die auf diese Weise parallel zur Wärmesenke 44 geschaltet ist.

[0088] Während der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 wird das Heizelement 41 über die Heizeinrichtung 48 mit Wärme versorgt. Wenn die Heizeinrichtung 48 als elektrische Heizeinrichtung ausgebildet ist, ist diese dazu vorzugsweise mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle 75 verbunden. Wenn die Heizeinrichtung 48 aber wie im dargestellten Fall als Brenner oder dergleichen ausgebildet ist, ist diese vorzugsweise über eine Zweigleitung 68 und einen entsprechenden Dosierer 65 mit der Leitung 64 und über diese mit der Kraftstoffleitung 63 verbunden. Ähnlich wie die Heizeinrichtungen 85, 86 wird die Heizeinrichtung 48 somit mit Kraftstoff versorgt. Die in der Heizeinrichtung 48 und damit im Heizelement 41 erzeugte Wärme wird verwendet, um das die Strömungsleitung 45 durchströmende Heiz-/Kühlmedium zu erwärmen. Das auf diese Weise erhitzte Heiz-/Kühlmedium wird über die Fördereinrichtung 49 in die Brennstoffzelle 11 hineinpumpt, wo es die Wärme an die Brennstoffzelle 11 abgibt und diese damit erwärmt. Gleichzeitig wird das erwärmte Heiz-/Kühlmedium über die Strömungsleitung 47 in die Wärmesenken 43, 44 geleitet, wo es seine Wärme an das zugeleitete Oxidationsmittel beziehungsweise den zugeleiteten Brennstoff abgibt. Auf diese Weise können sowohl das Oxidationsmittel als auch der Brennstoff vor Eintritt in die Brennstoffzelle 11 auf eine geeignete Temperatur erwärmt werden.

[0089] Da eine möglichst schnelle Erwärmung der Brennstoffzelle 11 in der Startphase des Brennstoffzellensystems 10 von Vorteil ist, erfolgt diese schnelle Erwärmung vorzugsweise dadurch, daß die Fördereinrichtung 49 über eine elektrische Verbindung 50 mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle 75 verbunden ist und daß der Heizeinrichtung 48 Kraftstoff über die mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle 75 verbundene Kraftstoffpumpe 58 zur Verfügung gestellt wird.

[0090] Im Normalbetrieb der Brennstoffzelle 11, d. h. wenn diese genügend Verlustwärme produziert, können das Heizelement 41 und die Heizeinrichtung 48 abgeschaltet werden. Die durch die Brennstoffzelle 11 produzierte Verlustwärme wird dann dazu verwendet, den Brennstoff beziehungsweise das Oxidationsmittel über die Wärmesenken 43, 44 zu erwärmen. Die überschüssige Verlustwärme der Brennstoffzelle 11 wird über die Kühleinrichtung 42 abgeleitet.

[0091] Die während des Normalbetriebs der Brennstoffzelle 11 nicht benötigte zusätzliche elektrische Leistungsquelle 75, die bei Verwendung des Brennstoffzellensystems 10 in einem Fahrzeug beispielsweise als Bordnetz-Batterie ausgebildet sein kann, wird während des Normalbetriebs der Brennstoffzelle 11 über diese erneut aufgeladen.

Bezugszeichenliste

10 Brennstoffzellensystem

11 Brennstoffzelle

12 Anodenteil

13 Membran

- 14 Kathodenteil
- 15 Brennstoffzuleitung
- 16 Brennstoffableitung
- 17 Oxidationsmittelzuleitung
- 5 18 Oxidationsmittelableitung
- 20 Filter
- 21 Oxidationsmittel-Massensensor
- 22 Fördereinrichtung
- 23 Restfeuchteübertrager
- 10 24 Ventil (Drei-Wege-Ventil)
- 25 Bypassleitung
- 26 Wasserabscheider
- 27 Leitung
- 28 Druckregler
- 15 29 Rückschlagventil
- 40 Anordnung zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle
- 41 Heizelement
- 42 Kühleinrichtung
- 43 Wärmesenke (Wärmetauscher)
- 20 44 Wärmesenke (Wärmetauscher)
- 45 Strömungsleitung
- 46 Teilbereich der Strömungsleitung
- 47 Strömungsleitung
- 48 Heizeinrichtung
- 25 49 Fördereinrichtung
- 50 elektrische Verbindung
- 55 Kraftstofftank
- 56 Tankschutzventil
- 57 Aktivkohlefilter
- 30 58 Kraftstoffpumpe
- 59 Kraftstofffilter
- 60 Doppelpumpe
- 61 Zwischentank
- 62 Wassertank
- 35 63 Kraftstoffzuleitung
- 64 Leitung
- 65 Dosierer
- 66 Dosierer
- 67 Dosierer
- 40 68 Zweigleitung
- 69 Zweigleitung
- 70 Zweigleitung
- 71 Teiler
- 72 Zuleitung
- 45 73 Leitung
- 74 Leitung
- 75 elektrische Leistungsquelle (Batterie)
- 76 elektrische Verbindung
- 77 elektrische Verbindung
- 50 78 elektrische Verbindung
- 80 Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten von Brennstoff
- 81 Verdampfer
- 82 Reformer
- 83 Shift-Reaktor
- 55 84 partielle Oxidation
- 85 Heizeinrichtung
- 86 Heizeinrichtung
- 87 Fördereinrichtung
- 88 Strömungskreislauf
- 60 89 elektrische Verbindung
- 90 Konzentrationssensor
- 91 Ventil (Drei-Wege-Ventil)
- 92 Bypassleitung
- 93 Rückschlagventil

(11), die einen Anodenteil (12) mit einer Zuleitung (15) und einer Ableitung (16) für einen Brennstoff, einen Kathodenteil (14) mit einer Zuleitung (17) und einer Ableitung (18) für ein Oxidationsmittel und eine Membran (13) aufweist, mit einer Vorrichtung (80) zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs, die über die Brennstoffzuleitung (15) mit der Brennstoffzelle (11) verbunden ist, wobei in der Brennstoffzuleitung (15) ein Sensorelement (90) zur Konzentrationsbestimmung und ein Ventil (91) das mit einer die Brennstoffzelle (11) umgehenden Bypassleitung (92) verbunden ist, vorgesehen sind, mit einer Fördereinrichtung (22) und einem Ventil (24), die in der Oxidationsmittelzuleitung (17) angeordnet sind, wobei das Ventil (24) mit einer die Brennstoffzelle (11) umgehenden Bypassleitung (25) verbunden ist, ferner mit einem Kraftstofftank (55), der über eine Kraftstoffzuleitung (63) mit der Vorrichtung (80) zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs verbunden ist, wobei in der Kraftstoffzuleitung (63) wenigstens eine Fördereinrichtung (58, 60) vorgesehen ist, und mit einer zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle (75), die mit den Fördereinrichtungen (22; 58, 60) elektrisch verbunden ist, so daß diese während der Startphase des Brennstoffzellensystems (10) über die Leistungsquelle (75) antreibbar sind.

2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche elektrische Leistungsquelle (75) als wieder aufladbare Batterie oder als Kondensator, insbesondere als Kondensator mit übergroßer Speicherdichte ("Ultracap") ausgebildet ist.

3. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kraftstoffzuleitung (63) zwei Fördereinrichtungen (58, 60) vorgesehen sind.

4. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ventile (24, 91) als Drei-Wege-Ventile ausgebildet sind.

5. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (80) zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs eine Anzahl von Reaktorelementen (81, 82, 83, 84) aufweist, wobei einzelne Reaktorelemente (81, 82) als Wärmesonde ausgebildet sind, die jeweils mit einer Heizeinrichtung (85, 86) thermisch verbunden ist, die ihrerseits zur Ernergieversorgung mit der Kraftstoffzuleitung (63) oder der elektrischen Leistungsquelle (75) verbunden ist.

6. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Temperierung der Reaktorelemente (81, 82, 83, 84) eine Fördereinrichtung (87) vorgesehen ist, die in einem die Reaktorelemente (81, 83, 84) durchlaufenden Strömungskreislauf (88) für ein Heiz/Kühlmedium angeordnet ist und die mit der elektrischen Leistungsquelle (75) verbunden ist.

7. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorelement (90) zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid in einem Gasstrom, insbesondere im Brennstoffstrom, ausgebildet ist.

8. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Oxidationsmittelableitung (18) mit einem Filter, insbesondere einem Aktivkohlefilter (57) verbunden ist, der seinerseits über eine Leitung mit dem Kraftstofftank (55) verbunden ist.

9. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter (57) über eine weitere Leitung mit mindestens einer Heizeinrichtung (85,

5

20

25

30

35

40

45

50

65

86) der Vorrichtung (80) zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs verbunden ist.

10. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anordnung (40) zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle (11) über ein Heiz/Kühlmedium vorgesehen ist, die eine Heizeinrichtung (48) aufweist, die mit der Kraftstoffzuleitung (63) oder der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle (75) verbunden ist.

11. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß in der Anordnung (40) zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle (11) eine Fördereinrichtung (49) für das Heiz/Kühlmedium vorgesehen ist, die mit der zusätzlichen elektrischen Leistungsquelle (75) verbunden ist.

12. Verfahren zum Hochfahren eines Brennstoffzellensystems nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Während der Startphase Ansaugen von Oxidationsmitteln über die durch die zusätzliche elektrische Leistungsquelle betriebene Fördereinrichtung in die Oxidationsmittelzuleitung und Vorbeileiten des Oxidationsmittels durch entsprechende Stellung des Ventils über die Bypassleitung an der Brennstoffzelle vorbei.
- Einleiten von Kraftstoff aus einem Kraftstofftank über die durch die zusätzliche elektrische Leistungsquelle betriebene wenigstens eine Fördereinrichtung in der Kraftstoffzuleitung oder über eine Bypassleitung in die Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten von Brennstoff,
- Messen der Schadstoffkonzentration des diese Vorrichtung verlassenden Brennstoffs mittels des Sensorelements zur Konzentrationsbestimmung und Vorbeileiten des Brennstoffs durch entsprechende Stellung des Ventils über die Bypassleitung an der Brennstoffzelle vorbei, solange der Brennstoff für die Brennstoffzelle schädliche Schadstoffkonzentrationen aufweist, wobei der Betrieb der einzelnen Fördereinrichtungen während der Startphase des Brennstoffzellensystems über die zusätzliche elektrische Leistungsquelle und im Normalbetrieb des Brennstoffzellensystems über die Brennstoffzelle selbst erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß in der Startphase des Brennstoffzellensystems über die durch die zusätzliche elektrische Leistungsquelle betriebene wenigstens eine Fördereinrichtung in der Kraftstoffzuleitung Kraftstoff in die Heizeinrichtung beziehungsweise Heizeinrichtungen für die Reaktorelemente in der Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs eingeleitet wird, oder daß die Heizeinrichtung beziehungsweise Heizeinrichtungen über die zusätzliche elektrische Leistungsquelle betrieben wird/werden, um den Reaktorelementen die für den Betrieb der Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs erforderliche Wärmeenergie zuzuführen.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß in der Startphase des Brennstoffzellensystems eine in der Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs vorgesehene Fördereinrichtung für ein Heiz/Kühlmedium zur Temperierung der Reaktorelemente über die elektrische Leistungsquelle angetrieben wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß in der Startphase des Brennstoffzellensystems das an der Brennstoffzelle

vorbeigeleitete Oxidationsmittel in den mit dem Kraftstofftank verbundenen Filter, insbesondere einen Aktivkohlefilter, eingeleitet wird, um diesen zu regenerieren, und daß das auf diese Weise mit Kraftstoff angereicherte Oxidationsmittel anschließend in die Heizeinrichtung beziehungsweise Heizeinrichtungen der Vorrichtung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs eingespeist und zur Verbrennung genutzt wird, um die Reaktorelemente auf Temperatur zu bringen.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß in der Startphase des Brennstoffzellensystems über die durch die zusätzliche elektrische Leistungsquelle betriebene wenigstens eine Fördereinrichtung in der Kraftstoffzuleitung Kraftstoff in die in der Anordnung zum Beheizen/Kühlen der Brennstoffzelle vorgesehene Heizeinrichtung eingeleitet wird, oder daß die Heizeinrichtung über die zusätzliche elektrische Leistungsquelle betrieben wird, um die Brennstoffzelle auf die erforderliche Betriebstemperatur zu bringen.

17. Fahrzeug mit einem Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

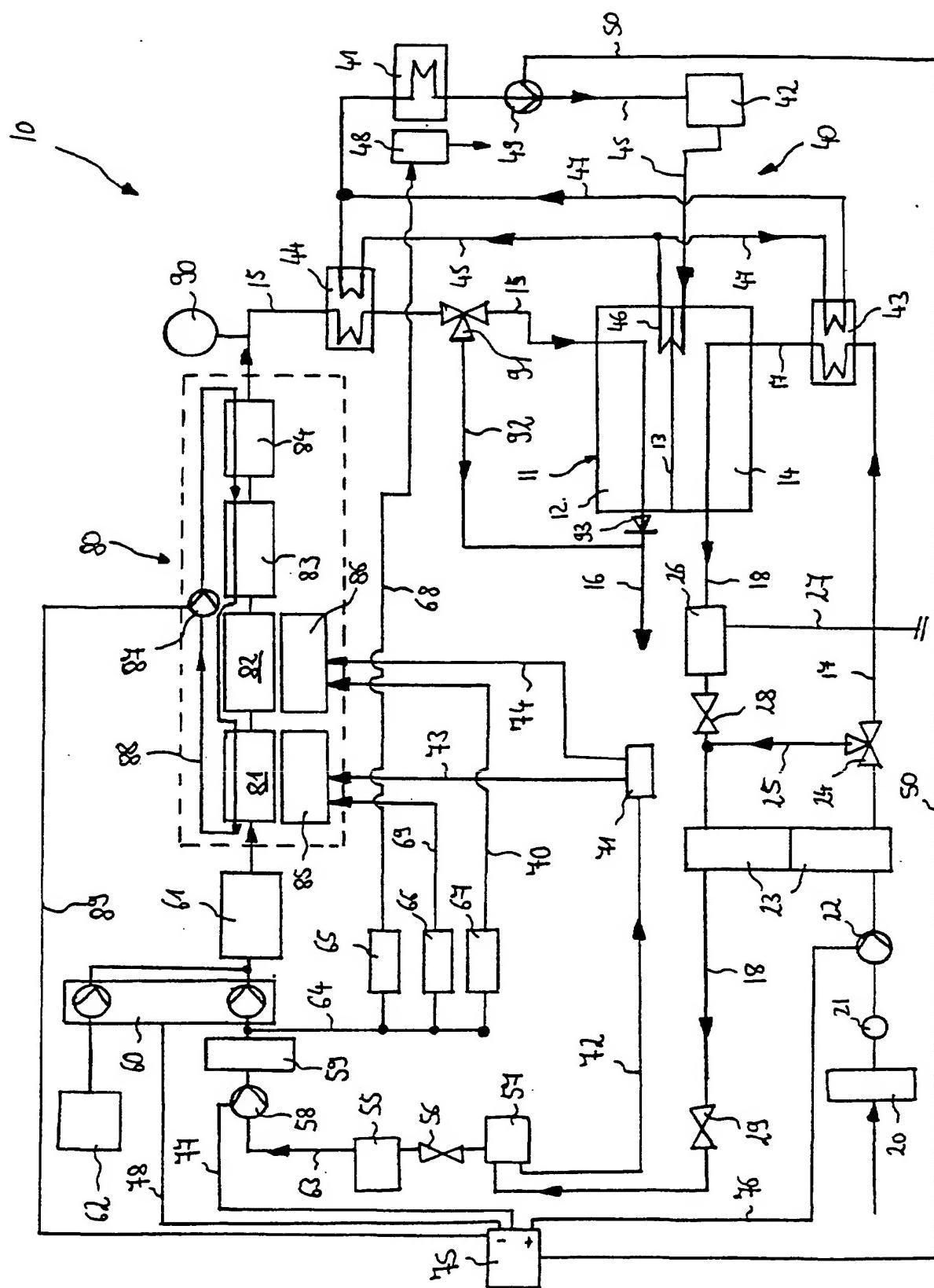
45

50

55

60

65



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)